ROMANIA
RENEL
REGIA AUTONOMA DE ELECTRICITATE

CENTRUL DE FORMARE PROFESIONALA

V. Tudora

# VERIFICAREA PROTECTIILOR PRIN RELEE

## Protecţii de distanţă

AMat2-3

1994

Generalităţi

## 1. Verificarea releelor de protecţie

Exploatarea echipamentelor şi instalaţiilor electrice este asigurată în mare măsură de eficacitatea în funcţionare a protecţiei prin relee. Din acest motiv, la punerea în funcţiune şi apoi periodic, instalaţiile de protecţie se supun unor verificări complexe în urma cărora, se poate stabili daca acestea corespund scopului pentru care au fost prevăzute, precum şi măsurile de remediere în cazul apariţiei unor defecţiuni.

### 1.1. Verificări comune executate asupra releelor.

Probele şi verificările la care sunt supuse releele depind în principal de tipul şi de categoria din care fac parte. Cu toate acestea, se pot stabili o serie de verificări comune, valabile de regulă pentru orice tip de releu.

In această categorie se includ:

a) Verificarea generală a releului, care constă în verificare concordanţei dintre tipul şi caracteristicile releului montat cu datele din proiect, starea părţii mecanice sau electrice vizibile cu ochiul liber, fără altă investigaţie;

b) Verificarea izolaţiei, se face pentru a depista eventuale puncte în care s–a produs o slăbire a izolaţiei; menţinerea în funcţiune a unui echipament la care s–a constatat o izolaţie necorespunzătoare, poate conduce la deteriorarea lui, cu scoaterea din funcţiune şi a altor instalaţii.

Verificarea izolaţiei se face în doua etape:

– masurarea rezistenţei de izolaţie:

– încercarea izolaţiei cu tensiune alternativă mărită.

Măsurarea rezistenţei de izolaţie se execută cu inductorul de 1000 V. Releul se consideră corespunzător dacă după un minut de la aplicarea tensiunii, valoarea rezistenţei de izolaţie este mai mare de 10 MΩ. Dacă rezistenţa de izolaţie a fost corespunzătoare, se trece la încercarea izolaţiei cu tensiune alternativă mărită.

Această încercare se execută cu ajutorul trusei pentru încercarea izolaţiei cu tensiune alternativă marită sau cu inductorul de 2500 V. Si într–un caz şi în altul, releul trebuie sa suporte tensiunea aplicată timp de un minut.

Dacă în timpul probei nu se constată străpungeri, scântei sau efluvii, releul este considerat corespunzător din punct de vedere al acestei probe.

După încercarea cu tensiune alternativă mărită, se va executa o noua probă de verificare a rezistenţei de izolaţie, pentru a depista eventuale slabiri ale izolaţiei ca urmare a încercării.

c) Verificarea mecanică, în cadrul acestei probe se urmăreşte ca părţile mecanice ale releului să aibă o funcţionare corespunzătoare, fără frecări, să nu existe jocuri nepermise ale pieselor aflate în miscare, şuruburi slăbite, legături nesigure etc.

O atenţie deosebită trebuie acordată funcţionării corecte a mecanismelor de orologerie din componenţa releelor de timp; contactele să asigure o închidere fermă, să lucreze fără vibraţii, să revină după acţionare.

### 1.2. Verificări specifice executate asupra releelor.

In această categorie sunt cuprinse verificări şi probe care ţin seama de tipul, destinaţia şi caracteristicile releului care se verifică:

a) Verificarea funcţionării releului;

b) fixarea şi verificarea valorilor de reglaj ale releului.

Funcţionarea releului se verifică pentru anumite puncte de reglaj şi în diverse situaţii, alese astfel încât să ofere garanţia functionări în oricare din situaţiile reale ale exploatării.

Prin fixarea şi verificarea valorilor de reglaj, releul devine apt pentru funcţionarea în schema de protecţie din care face parte.

Pentru asigurarea funcţionării corecte a releelor este necesar ca periodic, atât releele cât şi reglajele stabilite să fie verificate.

Aceste revizii se fac planificat, la o perioadă stabilită prin norme sau ocazional în urma unui refuz sau a unei funcţionări incorecte.

## 2. Protecţia de distanţă

In prezent, releele de distanţă constituie elementul de bază în realizarea liniilor de interconexiune de înaltă şi foarte inaltă tensiune.

### 2.1. Principiul de funcţionare

La producerea unui defect pe linia protejată, releul de distanţă măsoară impedanţa de la locul de instalare până la locul de defect.

Valoarea impedanţei masurate este comparată succesiv cu impedanţele reglate pe releu, care reprezintă de fapt lungimea zonelor protejate eşalonate în mai multe trepte (Fig.1)

De regulă treapta I – cuprinde o porţiune din linia protejată (80–85% din lungimea liniei); pentru defecte în această treaptă releul acţionează rapid.

In treptele următoare, pe măsură ce creşte distanţa de la locul de instalare a releului, creşte şi temporizarea la declanşare.

Releul acţionează la declanşare:

– în treapta I, dacă impedanţa măsurată este mai mică decât impedanţa reglată pentru această treaptă;

– în treapta II, dacă impedanţa măsurată este mai mare decât impedanţa reglată pentru treapta I, dar mai mică decât impedanta reglată pentru treapta II;

– în treapta III, dacă impedanţa măsurată este mai mare decât impedanţa reglată pentru treapta II, dar mai mică decât impedanţa reglată pentru treapta III ş.a.m.d

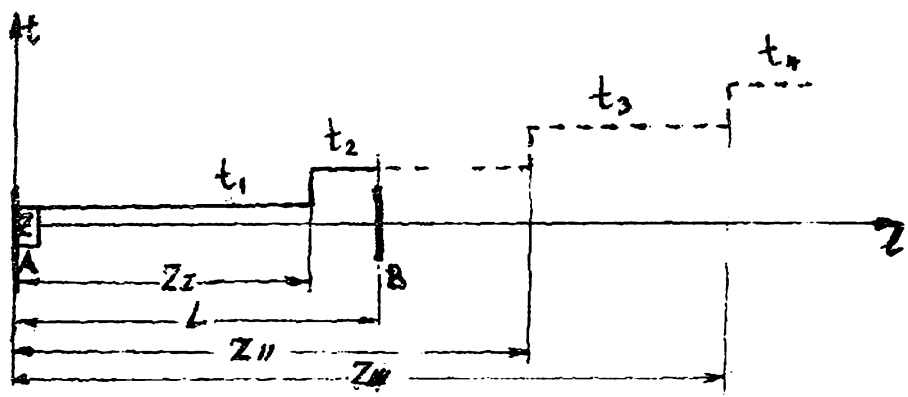


Fig 1

In cazul liniilor cu alimentare din ambele capete, măsurarea impedanţei până la locul de defect nu este suficientă; pentru asigurarea selectivităţii se condiţionează declanşarea de sensul de circulaţie al puterii spre locul de defect.

Declanşarea este permisă numai în cazul în care sensul de circulaţie este de la barele staţiei spre linia protejată.

In cazul unui defect pe linie, releele de distanţă de la cele doua capete acţionează declanşând întrerupătoarele la timpi care corespund treptelor măsurate de releele respective (tr.I sau II), fig.2.

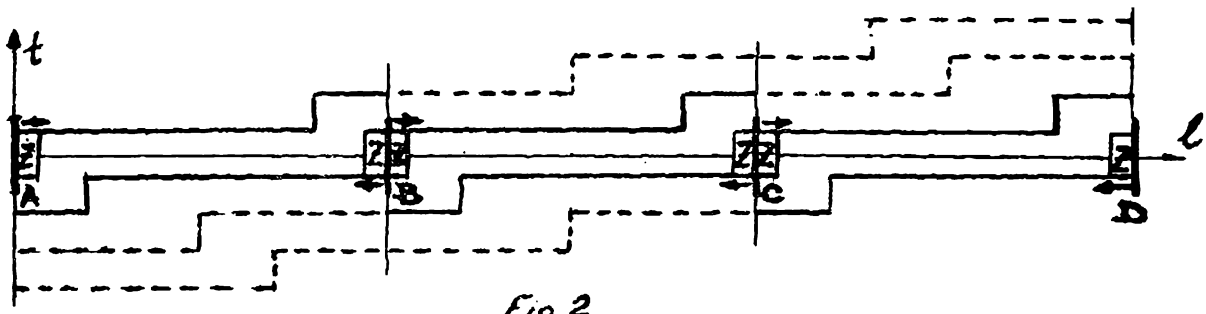


Fig 2

## 2.2. Elemente componente

a) Elementele de pornire (demaraj) care sesizează apariţia defectului şi pun în funcţiune schema de protecţie (EP); pot fi relee maximale de curent sau relee de impedanţă minimă;

b) blocul de comutare BC1, selectează tensiunile corespunzătoare scurtcircuitului şi alimentează cu tensiunile necesare releul direcţional D, şi prin intermediul releului de timp T, organul de măsurare M;

c) Blocul de comutare BC2, alimentează releul direcţional D şi organul de măsurare M, cu o tensiune proporţională cu curentul de scurtcircuit (dată de un grup de rezistenţe sau transformatoare);

d) dispozitiv de blocare la pendulaţii BP;

e) element direcţional D, sesizeaza sensul de circulaţie al puterii spre locul de defect;

f) elementul de măsură al impedanţei (M), măsoară impedanţe până la locul defectului şi în funcţie de mărimea acesteia, comandă declanşarea în treapta respectivă;

g) bloc de execuţie a comenzilor de declanşare BE;

h) elementul de timp, comanda deconectarea temporizat, în funcţie de impedanţa determinată de elementul de măsură

In caz de defect elementul de pornire pune în funcţiune elementul de timp T, blocul de comutare BC1 şi blocul de comutare BC2.

In fig.3 este prezentată schema bloc a releelor de distanţă tip monosistem, care utilizează un singur element de măsurare şi un singur element de direcţie.

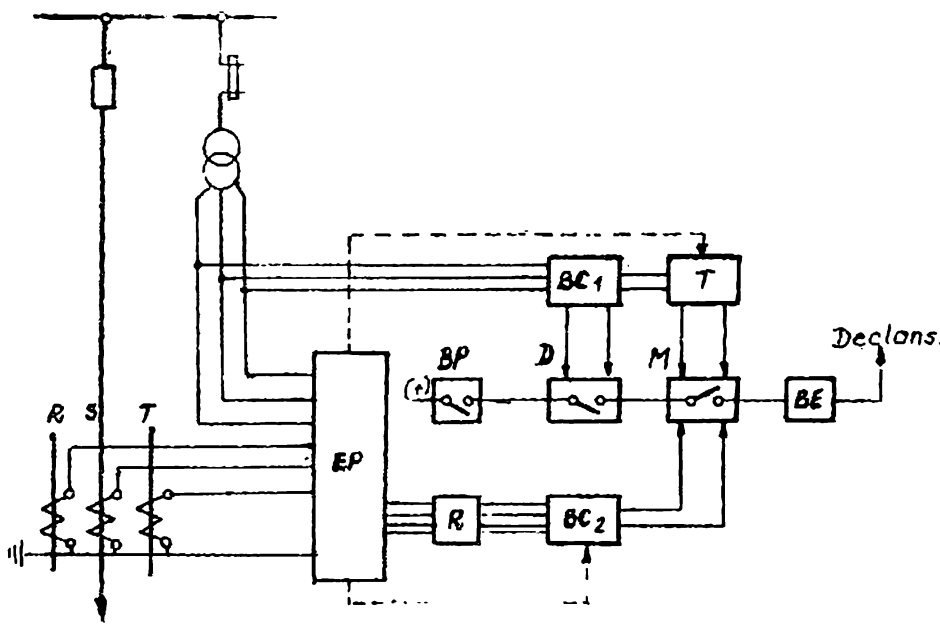


Fig. 3.

## 2.3. Calculul reglajelor protecţiei de distanţă

In principiu calculul reglajelor în secundar este similar pentru toate tipurile de relee de distanţă, ceea ce diferă este modul de realizare pe releu a reglajelor respective.

Din acest motiv, se prezintă algoritmul general de calcul al reglajelor secundare şi în continuare se face aplicaţie pentru tipurile de relee de distanţă frecvent întâlnite în instalaţiile de protecţie.

Se dau:

– valorile primare ale reactantelor de reglat (determinate prin calcul) X1, X2, X3 în Ω / fază primar;

– raportul de transformare al reductorilor de curent $K_i$;

– raportul de transformare al reductorilor de tensiune $K_u$;

– unghiul de scurtcircuit al liniei $\varphi_K = \varphi_L$:

– unghiul de compundaj $\varphi_\varepsilon$;

– factorul de pământ Kp;

– timpii treptelor de impedanţă.

Se calculează:

– reactanţele secundare

$$X_{is} = X_{ip}\frac{K_i}{K_u} = K_y X_{ip} \text{ ( Ω/ fază - sec)}$$

pe buclă $X_{isb} = 2\,X_{is}$

– valorile impedanţelor de reglat raportate la secundar

$$Z_{is} = \frac{x_{is}}{\sin\varphi_L} = K_\varphi X_y X_{ip} \text{ ( Ω/ fază - sec)}$$

In funcţie de releul de distanţă considerat, conform documentaţiei tehnice a releului, se determină valorile de calcul care se fixează pe releu;

Considerând parametrii reali stabiliţi pe releu, se determină parametrii cercului de acţionare al elementului de măsură: raza cercului ρ şi deplasarea cercului, e;

Tensiunea de trecere pentru un unghi φ între curentul şi tensiunea aplicate releului este dată de relaţia:

$$U^{(2)}_{lim.i} = 2\,Z_{i\varphi}\,I_{s.sc} \text{ - pentru scurtcircuite bifazate}$$

$$U^{(1)}_{lim.i} = Z_{i\varphi}(1+Kp)Is.sc = \frac{(1+Kp)}{2}\,U_{lim.i} \text{ - pentru scurtcircuite monofazate}$$

unde: – $Z_{i\varphi}$ – impedanţa secundară de acţiune a treptei i(1,k,2,3), corespunzătoare valorilor unghiului φ dintre curentul şi tensiunea aplicată;

– Kp – factor de pământ;

– $I_{s.sc}$ – curentul secundar de sc. pentru care se face verificarea.

## 2.4. Protecţia de distanţă RD 110 + Q3

Protecţia se compune din releul propriuzis de distanţă, RD 110, căruia i se adaugă un element de pornire la minimă impedanţă, Q3.

Releul de demaraj la minimă impedanţă, Q3 este destinat reţelelor de înaltă tensiune cu neutrul legat direct la pământ şi este compus din trei organe de demaraj la minimă impedanţă şi

un releu homopolar pentru selectarea defectelor cu pământul.

Releele de demaraj la minimă impedanţă, câte unul pe fiecare fază, $A_R$, $A_S$, $A_T$, $A_O$ au caracteristică de acţionare. în planul impedanţei Z, un cerc cu centrul în originea axelor, criteriul de demaraj fiind mărimea impedanţei măsurate (fig.4) Cercul de rază ZQ3 reprezintă caracteristica de acţionare a elementului de demaraj la minimă impedanţa Q3.

Dacă $|Z_{sc}| < ZQ3$, atunci elementul Q3 acţionează punând în funcţiune releul de distanţă RD–110.

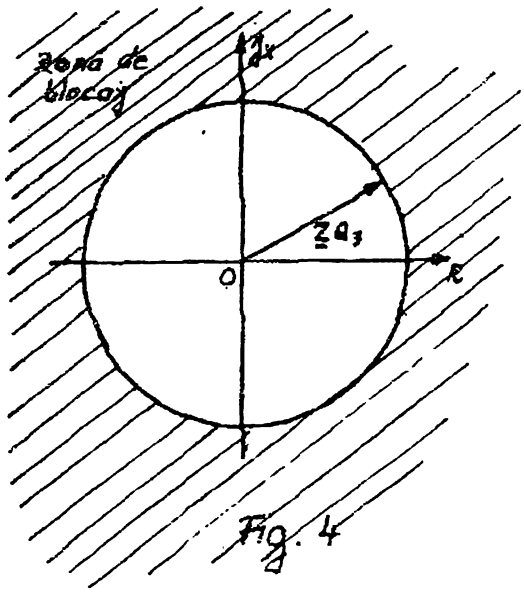

Fig. 4

Elementul de măsurare al impedanţei Z este un releu polarizat care funcţionează într–un montaj diferenţial numit "balanţa electrică" şi acţionează când este îndeplinită condiţia $i_i \geq i_u$

$i_i$ este curentul redresat proporţional cu curentul I, care circulă pe linia protejată; $K_i = K_1 I$,

$I_u$ este curentul redresat proporţional cu tensiunea primară U, aplicată la bornele transformatorului de tensiune; $i_u = K_2 U$

Condiţia de funcţionare devine:

$$K_2 U \leq K_1 I \text{ sau } \frac{U}{I} = Z \leq \frac{K_1}{K_2}$$

Pentru ca releul să acţioneze trebuie ca impedanţa măsurată la locul de instalare (dată de tensiunea şi curentul cu care este alimentat releul) să fie mai mică decât valoarea reglată pe releu.

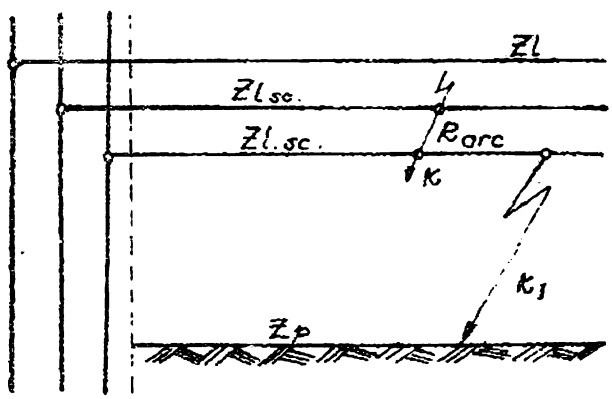

Fig. 5

La un scurtcircuit bifazat pe linie (fig.5) impedanţa măsurată de releu este

$Z_{sc} = 2Z_{lsc}$ - unde $Z_{lsc}$ este impedanţa conductorului liniei măsurată pe fază de la locul de instalare al releului de distanţă A, până la locul defectului K.

La un scurtcircuit monofazat întoarcerea se face prin pământ; impedanţa pământului $Z_p$ reprezintă o fracţiune din $Z_{lsc}$:

$$Z_p = K_p Z_{lsc}$$

$K_p$ se numeşte factor de pământ şi se reglează cu transformatorul Tr 4 (Fig.6).

Rezultă că la scurtcircuite monofazate impedanţa de scurtcircuit este $Z_{sc} = Z_{lsc}(1+K_p)$. Considerând şi rezistenţa arcului electric la locul de scurtcircuit, impedanţa măsurată de releu până la locul de defect este :

– pentru scurtcircuit bifazat, $Z_r^{(2)} = 2Z_{lsc} + R_{arc}$;

– la scurtcircuit monofazat, $Z_r^{(1)} = Z_{lsc}(1+K_p) + R_{arc}$.

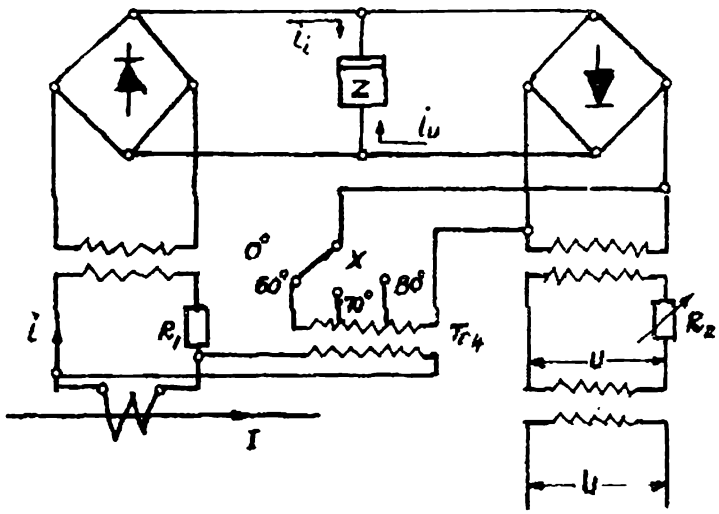


Fig. 6

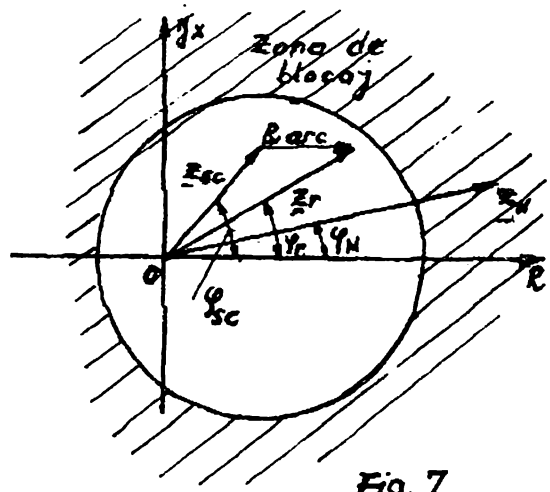


Fig. 7

Caracteristica de acţionare a elementului de măsurare a impedanţei este un cerc cu centrul deplasat pe axa R (fig.7)

In funcţie de unghiul de scurtcircuit $\varphi_{SC}$ al liniei protejate, prin comutarea echipei X, se realizează o deplasare a cercului pentru măsurarea impedanţei totale (inclusiv rezistenţa arcului).

Impedanţele corespunzătoare treptelor de reglaj notate $r_1, r_k, r_2, r_3$, se fixează pe releu prin deconectarea unor eclise de şuntare aflate pe panoul frontal al releului.

$r_1$ – reprezintă impedanţa fixată pe releu ptr. treapta I;

$r_k$ – reprezintă impedanţa suplimentară care se introduce în circuit când se doreşte prelungirea treptei I;

$r_2$ – reprezintă impedanţa suplimentară care adunată la $r_1$, dă impedanţa treptei II;

$r_3$ – reprezintă impedanţa suplimentară, care adunată la $r_1$ şi $r_2$ dă impedanţa treptei III;

Pentru obţinerea valorilor $r_1$, $r_k$, $r_2$, $r_3$, se folosesc următoarele relaţii:

$$r_1 = \frac{Z_{1s}}{C_1 C_2} - C3 \ [\Omega]; \quad r_k = \frac{Z_{ks} - Z_{1s}}{C_1 C_2} \ [\Omega];$$

$$r_2 = \frac{Z_{2s} - Z_{1s}}{C_1 C_2} \ [\Omega]; \quad r_3 = \frac{Z_{3s} - Z_{2s}}{C_1 C_2} \ [\Omega];$$

unde $C_1$ – factor de reducere a impedanţei, poate lua valorile 0,5 sau 1 în funcţie de poziţia eclisei $C_1$ de pe panoul frontal al releului;

$C_2$ – factor care depinde de unghiul de scurtcircuit al liniei.

In funcţie de poziţia eclisei X, $C_2$ poate lua valorile

| X | $0^o$ | $60^o$ | $70^o$ | $80^o$ |
|---|---|---|---|---|
| $C_2$ | 1 | 1,1 | 1,02 | 0,97 |

$C_3$ – factor care rezultă din impedanţa de bază fixată a releului şi are valoarea 0,2 pentru relee cu $I_n$=5A şi 1 pentru relee cu $I_n$=1A;

$Z_{1S}$, $Z_{KS}$, $Z_{2S}$ şi $Z_{3S}$ – reprezintă impedanţele secundare ale fiecărei trepte exprimate în [Ω / buclă]

**Elementul direcţional**

Are rolul de a controla sensul puterii în circuitul supravegheat. Contactul basculant q este orientat pe declanşare.

Diagrama de acţionare este prezentată în fig. 8, unghiul de sensibilitate maximă obţinându-se pentru un curent decalat cu $60^o$ inductiv faţă de tensiune.

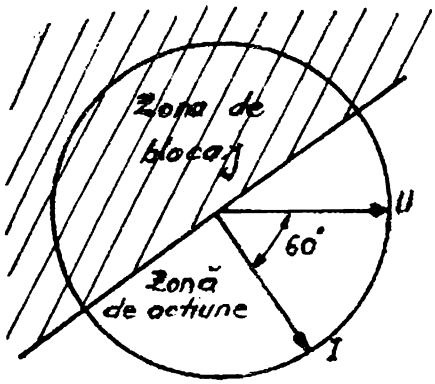


Fig.8

Direcţionarea protecţiei se obţine prin comutarea eclisei $L_3$ înspre linie sau înspre bare.

**Elementul de timp** dispune de 5 trepte de timp reglabile independent în intervalul 0,3 – 10 sec.

Treapta IV asigură declanşarea numai pe baza demarajului putînd fi direcţionată sau nu în funcţie de poziţia eclisei $L_2$.

Treapta V comandă declanşarea numai ca urmare a demarajului fiind independentă de direcţie.

**Blocajul la pendulaţii.**

Criteriul de constatare al pendulaţiilor se bazează pe faptul că acestea se produc simetric pe toate fazele, respectiv demarajul simultan al releelor $A_R$, $A_S$,$A_T$, fără curent homopolar (releul $A_0$)

Blocajul la pendulaţii se pune în funcţiune cu ajutorul eclisei $L_4$ notată pe panou cu P.

**Varianta cu elemente de demaraj la supracurent.**

Elementele de demaraj sunt constituite din relee maximale de curent pe fiecare fază notate cu $A_R$, $A_S$, $A_T$ avînd plaja de reglaj între 0,8 ÷ 2 $I_n$ şi releu de curent homopolar cu plaja între 0,4 – 1 In.

Această variantă prezintă o sensibilitate redusă în special în cazul liniilor lungi şi puternic încărcate, întrucât curentul minim de defect la lirnita zonei poate fi egal sau chiar mai mic decât curentul de suprasarcină.

In aceste cazuri ar rezulta $|Z_{suprs}| \leq Z_{pr}$ şi protecţia acţionează greşit la suprasarcină.

Datorită acestui inconvenient, releele de curent se folosesc ca elemente de pornire numai în reţele în care curenţii de scurtcircuit sunt considerabil mai mari decât curenţii de sarcină.

**Verificarea funcţionării protecţiei de distanţă RD 110.**

Constă în următoarele:

a) Verificarea elementelor de demaraj.

In cazul în care elementele de demaraj sunt relee de impedanţă minimă, verificarea, constă în ridicarea caracteristicii de funcţionare U=f(I).

Elementele de demaraj se considera corespunzătoare dacă se verifică caracteristica de acţionare de fabrică a releului (fig.9)

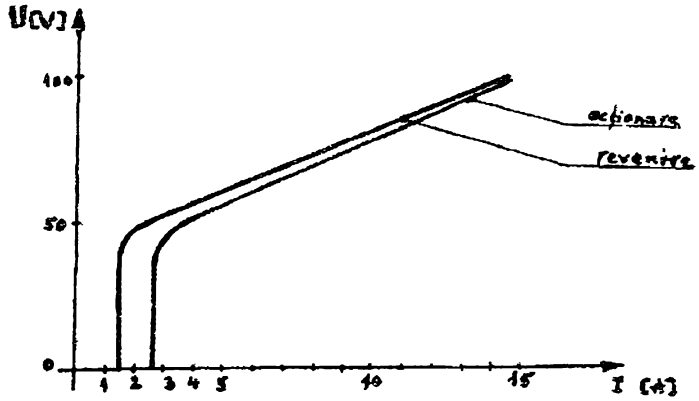


*Fig. 9*

Eventualele abateri se corectează cu ajutorul potenţiometrelor de reglaj $P_1$, $P_2$, $P_3$, cu care este dotat fiecare element.

Dacă elementele de demaraj sunt relee de curent, verificarea se face ca la orice releu de curent, urmărindu–se curentul de acţionare şi de revenire.

**b) Fixarea şi verificarea treptelor de timp.**

Fixarea reglajelor se face în mod succesiv pornind de la treapta maximă către treapta I.

In prealabil se fixează la trusă valori ale curentului şi tensiunii care să asigure demarajul protecţiei.

**c) Verificarea elementului de măsurare, Z.**

Se fixează pe releu valorile $r_1$, $r_k$, $r_2$, $r_3$, corespunzătoare impedanţelor treptelor.

Se determină tensiunile limită de basculare dintr–o treaptă în alta cu relaţiile:

$$U^{(2)}_{lim.i} = 2Z_{i\varphi} \times I_{s.sc}$$ - pentru scurtcircuitele bifazate;

$$U^{(1)}_{lim.i} = Z_{i\varphi}(1+K_p) \times I_{s.sc}$$ - pentru scurtcircuitele monofazate,

în care, $I_{s.sc}$ este curentul secundar de scurtcircuit;

$K_p$ – factor de pământ;

$Z_{i\varphi}$ – impedanţa de acţionare a treptei i (1, k, 2, 3) corespunzătoare valorilor unghiului $\varphi$ dintre curentul şi tensiunea aplicată; pentru $\varphi_{sc}$, $Z_{i\varphi sc} = Z_{is}$

La reviziile perioduce se execută verificarea acţionărilor în fiecare treaptă numai pentru unghiul de scurtcircuit al liniei, dar pentru toat defectele (sc. bifazate, sc. monofazate).

Ridicarea caracteristicii circulare a elementului de măsurare este indicată a se executa la puneri în funcţiune sau după reparaţii ale elementului Z.

Elementul de măsurare se consideră corespunzător, dacă funcţionează corect în fiecare treaptă iar eroarea, maximă între tensiunile măsurate şi cele calculate nu depăşeşte ±5% pentru $\varphi = \varphi_{sc}$.

**d) Verificarea elementului direcţional Q,**

Constă în ridicarea caracteristicii de acţionare, pentru fiecare grupă de defecte (scurtcircuite R–0, S–0, T–0, R–S, S–T, T–R)

Se alimentează releul cu un curent şi o tensiune care se decalează între $0^o$ şi $360^o$ notându–se poziţia contactului q a releului direcţional.

Indiferent de tipul scurtcircuitului trebuie să se obţină aceeaşi caracteristică de acţionare (fig.10).Poziţia contactului q este dată de starea releului $Q_f$;

releul $Q_f$ este dezexcitat când contactul q este orientat spre declanşare şi excitat când contactul q se orientează invers (releul $Q_f$ acţionează când circulaţia puterii prin releu este spre

bare – defect în spate).

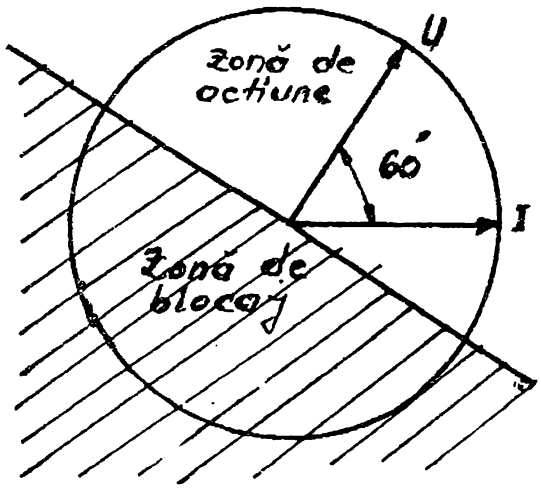


Fig. 10

**Releul de distanţă D 114**

Este folosit la protecţia liniilor de interconexiune de 110–220–400 Kv.

Releul dispune de un singur element de măsurare şi un singur element de direcţie (releu tip monosistem)

**Principalele părţi componente ale releului D–114**

a) Elementele de demaraj de minima tensiune $ZM_R$, $ZM_S$, $ZM_T$ au rolul de a asigura demarajul protecţiei la impedanţa minimă.

Caracteristica elementului de demaraj în planul Z este un cerc cu centrul deplasat în cadrul I pe o dreapta înclinată faţă de axa R cu $66^o$ (fig.11)

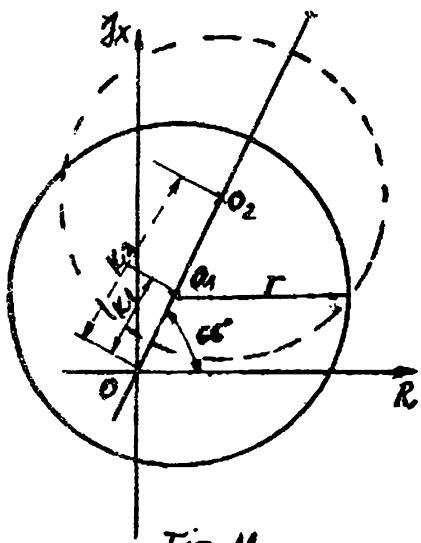


Fig. 11

Raza cercului r, se reglează în [Ω / fază] acţionând asupra butonului notat cu r (pentru fiecare element în parte).

Deplasarea centrului caracteristicii de demaraj faţă de centrul axelor de coordonate 0, se realizează acţionând asupra butoanelor notate cu K. Sub fiecare din cele doua butoane r şi K, folosite pentru reglajul caracteristicii elementelor de demaraj se găseşte o eclisă cu doua poziţii $K_1$ şi $K_2$; prin fixarea eclisei pe poziţia $K_1$ sau $K_2$ se obţine caracteristica în $O_1$ respeciv în $O_2$. Dacă eclisa se găseşte pe poziţia $K_1$ şi butonul K pe poziţia O, atunci caracteristica elementului de demaraj este un cerc cu centrul în originea axelor de coordonate.

Elementul de demaraj este un releu magnetoelectric care lucrează într–un montaj de tipul "balanţa electrică"

Prin acţionarea elementelor de demaraj (închiderea contactelor $Z_{mr}$, $Z_{ms}$, $Z_{mt}$) se pune în funcţiune schema de protecţie.

**b) Elementul de măsurare M al impedanţei de defect.**

Este realizat dintr–un releu magnetoelectric care lucrează într–o schemă de tipul "balanţei electrice". Caracteristica de acţionare a elementului de măsurare M este un cerc. Funcţie de poziţia eclisei ε (aflată pe panoul central al releului), centrul cercului poate avea diverse deplasări ε pe axa R (fig.12). Pentru ε = 0, caracteristica are centrul în originea axelor.

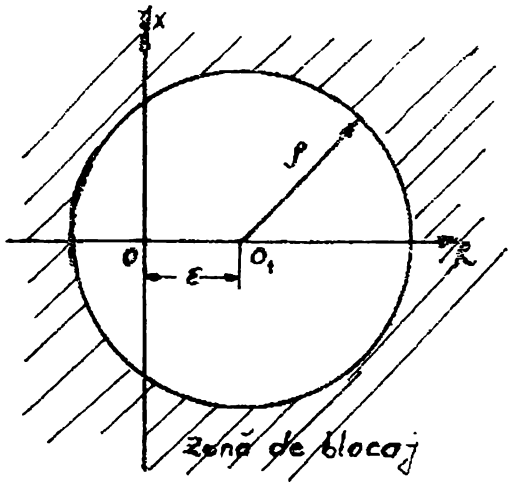

Fig. 12

Partea de curent a elementului de măsură este alimentată prin intermediul transformatorului P.

Infăşurarea primară a acestui transformator primeşte tensiuni proporţionale cu curenţii de defect culese de pe rezistenţele $R_{1r}$, $R_{1s}$, $R_{1t}$ prin intermediul contactelor releelor de alegere comandate de elementele de demaraj (fig.13)

Autotransformatorul G serveşte la reglajul factorului de pământ $K_p$, prin fixarea poziţiei fişei "n" pe poziţia corespunzătoare.

Pe partea de tensiune, elementul de măsură este alimentat prin intermediul autotransformatorului de reglaj V şi al transformatorului N.

Prin intermediul înfăşurării ε din secundarul transformatorului P, înseriată cu primarul transformatorului N, se introduce în circuitul de tensiune, o tensiune proporţională cu curentul de defect. Se obţine prin aceasta deplasarea pe axa R a caracteristicii circulare a elementului de măsurare.

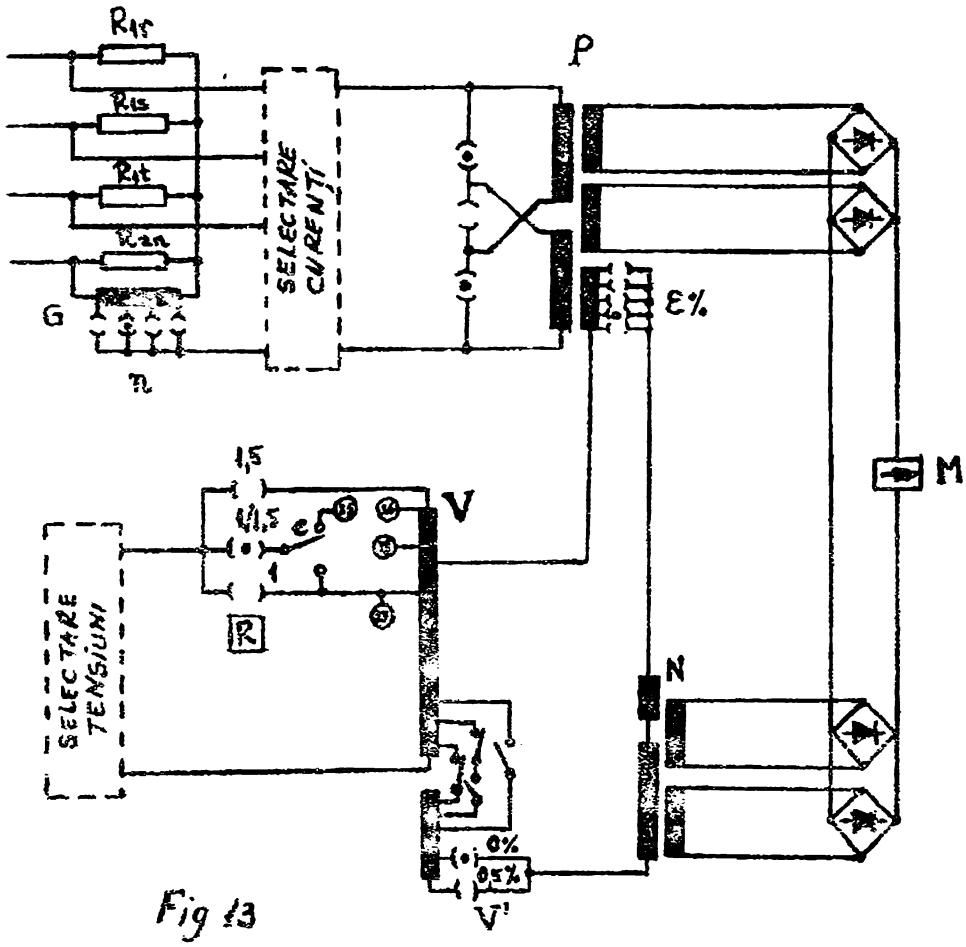

Fig 13

Valoarea de reglaj a prizelor autotransformatorului V pentru fiecare treaptă în parte este dată de relaţia

$$V = \frac{KR}{\rho Z_S}$$

unde.

– K este impedanta de bază a elementului de măsurare (depinde de tipul releului)

– $Z_S$ impedanţa secundară în Ω / fază corespunzătoare treptelor I,II sau III;

– ρ coeficient de corecţie care ţine seamă de tipul liniei (lungă, normală sau scurtă) şi de unghiul de scurtcircuit.

În funcţie de tipul liniei şi a unghiului ei de scurtcircuit, se alege deplasarea ε a centrului cercului caracteristicii de măsură (tabel 1,2)

Tabel 1

| LEA scurte şi normale | | | | |
|---|---|---|---|---|
| φ sc | $55^0$–$63^0$ | $63^0$–$68^0$ | $68^0$–$74^0$ | $74^0$–$80^0$ |
| ε [%] | 80 | 40 | 60 | 50 |

Tabel 2

| LEA lungi | | | | |
|---|---|---|---|---|
| φ sc | $68^0$-$73^0$ | $73^0$-$79^0$ | $79^0$-$85^0$ | $85^0$-$90^0$ |
| ε [%] | 50 | 40 | 30 | 20 |

Coeficientul ρ se determină în funcţie de tipul liniei, unghiul de scurtcircuit şi deplasarea centrului caracteristicii elementului de măsurare (Tabel 3)

Tabel 3

| ε [%] / φsc | ρ – LEA scurte si normale | | | | ρ – LEA lungi | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 80% | 70% | 60% | 50% | 50% | 40% | 30% | 20% |
| 50 | 0,77 | | | | | | | |
| 52 | 0,79 | | | | | | | |
| 54 | 0,82 | | | | | | | |
| 56 | 0,84 | | | | | | | |
| 58 | 0,86 | | | | | | | |
| 60 | 0,89 | 0,87 | | | | | | |
| 62 | 0,92 | 0,90 | | | | | | |
| 64 | 0,96 | 0,92 | 0,90 | | | | | |
| 66 | 0,99 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | | | | |
| 68 | 1,03 | 0,98 | 0,95 | 0,92 | 0,92 | | | |
| 70 | 1,07 | 1,01 | 0,98 | 0,94 | 0,94 | | | |
| 72 | 1,12 | 1,04 | 1,00 | 0,96 | 0,96 | 0,94 | | |
| 74 | 1,16 | 1,07 | 1,03 | 0,98 | 0,98 | 0,96 | | |
| 76 | 1,22 | 1,10 | 1,08 | 1,00 | 1,00 | 0,97 | | |
| 78 | | 1,14 | 1,07 | 1,02 | 1,02 | 0,99 | 0,92 | |
| 80 | | 1,18 | 1,10 | 1,04 | 1,03 | 1,01 | 0,95 | |
| 82 | | | | | | 1,025 | 0,975 | |
| 84 | | | | | | 1,04 | 1,00 | 0,98 |
| 86 | | | | | | 1,06 | 1,02 | 1,00 |
| 88 | | | | | | – | 1,03 | 1,015 |
| 90 | | | | | | – | 1,04 | 1,020 |

Domeniul de măsurare poate fi modificat funcţie de poziţia fişei R de pe panoul frontal al releului.

– fisa R pe poziţia 1 – domeniul de măsură nemodificat;

– fişa R pe poziţia 1,5 – domeniul de măsură mărit cu 50% faţă de cel reglat pe releu în toate treptele;

– fişa R pe poziţia 1/1,5 şi puntea 25 cu 26 la bornele releului – prelungirea domeniului de măsurare cu 50% numai în treapta I.

**C. Elementul de direcţie SM**

Este realizat dintr–un releu electrodinamic alimentat conform schemei de 90° cu:

– o tensiune proporţională cu curentul de defect de la bornele transformatorului P;

– o tensiune proporţională cu tensiunea de pe bare, obţinută prin intermediul contactelor releelor de alegere.

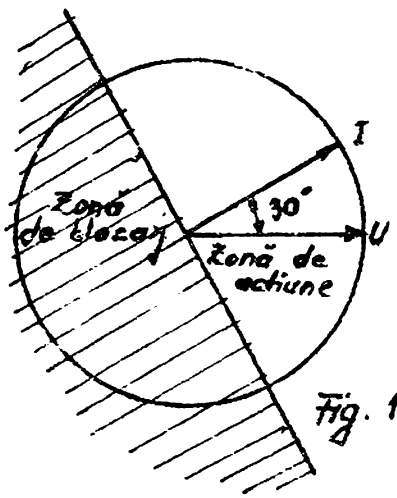

Fig. 14.

Diagrama de funcţionare a elementului direcţional este prezentată în fig.14; unghiul de sensibilitate maximă este de 30° capacitiv.

**d) Elementul de timp TM**

Este format dintr–un sistem de orologerie acţionat de un motor de cc prvăzut cu regulator de turaţie.

Treapta I este netemporizată.

Contactele $t_{m1}$, $t_{m2}$, servesc la modificarea numărului de spire al autotransformatorului V, pentru măsurarea impedanţei de defect în treapta II respectiv treapta III.

Contactul $t_{m3}$, corespunzător treptei IV, comandă declanşarea cu o temporizare reglabilă, numai ca urmare a demarajului.

Declanşarea poate fi direcţionată sau nedirecţionată în funcţie de poziţia eclisei $T_4$, pe poziţia SM, respectiv pe poziţia NE.

Contactul $t_{mk}$ comandă declanşarea nedirecţionată cu o temporizare de 6,5 sec, tot numai în baza demarajului.

**e) Elementul de blocaj la pendulaţii SJ şi SW.**

Funcţionarea elementului de blocaj se bazează pe faptul ca în momentul producerii acestui fenomen, există o perioadă în care sensurile puterilor activă şi reactivă, care circulă pe linie devin contrare.

Sesizarea sensurilor de circulaţie a puterilor se realizează cu releul direcţional SW pentru puterea activă, respectiv SJ pentru puterea reactivă.

In caz că puterile au sensuri contrare, se excită releul P care blochează pentru un timp funcţionarea protecţiei de distanţă (releul P se excită condiţionat de acţionarea elementelor de demaraj pe toate fazele fără nul).

**Verificarea funcţionării protecţiei de distanţa D 114**
constă în următoarele:

**a) Verificarea elementelor de demaraj la impedanţă** minimă $ZM_R$, $ZM_S$, $ZM_T$.

La puneri în funcţiune sau după reparaţii se ridică caracteristica de acţionare a elementelor de demaraj pentru un tip de scurtcircuit şi anumite valori ale defazajului $\varphi$ dintre curentul şi tensiunea aplicată (valoarea tensiunii corespunzătoare se determină cu formulele de calcul specifice tipului de releu)

La verificările periodice, verificarea se execută numai pentru $\varphi = 66^0$

Dacă caracteristica este cu centrul în originea axelor de coordonate (reglajul $r \neq 0$, K=0 şi eclisa interioară pe poziţia $K_1$) tensiunea minimă la care trebuie sa acţioneze elementul de demaraj, indiferent de decalajul între curent şi tensiune este dată de relaţia: $U = 2rI$,
unde: r este valoarea de reglaj dată şi fixată cu butonul r;

I – curentul nominal.

Dacă caracteristica este cu centrul deplasat (reglajul $r \neq 0$, $K \neq 0$ şi eclisa interioară pe poziţia $K_1$ sau $K_2$) tensiunea minimă de lucru a elementelor de demaraj pentru unghiul $\varphi = 66^0$ este în funcţie de reglajul butoanelor r şi K:

$U= 2I(r+K)$ sau altfel exprimat $U=2Z_{dem}\, I$, unde $Z_{dem} =r+K$

Tensiunea la care lucrează releul nu trebuie sa difere cu maai mult de ± 10% faţă de valoarea calculata.

**b) Verificarea elementului de curent homopolar $A_n$.**

Se execută ca la un releu de curent obişnuit.

După fixarea valorii de reglaj, se verifică curentul de acţionare şi de revenire; coeficientul de revenire trebuie sa fie 0,85

**c) Fixarea temporizărilor şi verificarea elementului de timp.**

Temporizarea treptei I nu se reglează (acţionare rapidă);

Temporizarea treptei II–III–IV se face prin acţionarea tamburelor $T_2$, $T_3$, $T_4$ ale elementului de timp.

Verificarea temporizării fixate se face ca la un releu de timp obişnuit, după ce în prealabil s–a stabilit la trusă un curent suficient pentru a asigura demarajul.

**d) Verificarea elementului de măsură a impedanţei de defect M.**

Tensiunile de basculare dintr–o treaptă în alta se calculează cu formulele:

– pentru scurtcircuite bifazate ; $U^{(2)}_{lim.i} = 2Z_{i\varphi}\, I_{s.sc}$;

– pentru scurtcircuitemonoifazate ; $U^{(1)}_{lim.i} = Z_{i\varphi}\, I_{s.sc}(1+K_p)$;

unde: $Z_{i\varphi}$ – impedanţa de acţionare a treptei i (I, K, II, III) corespunzătoare valorilor defazajului dintre curentul şi tensiunea aplicată;

$I_{s.sc}$ – curentul secundar de scurtcircuit;

$K_p$ – factor de pământ.

Dacă se utilizează caracteristica cu centrul în originea axelor, $Z_{i\varphi}$ pentru fiecare treaptă

sunt date de valorile impedanţelor secundare ale treptelor respective ($Z_{1S}$, $Z_{KS}$, $Z_{2S}$, $Z_{3S}$)

Dacă se utilizează caracteristica cu centrul deplasat, $Z_{i\varphi}$ se obţin cu formulele specifice tipului de releu.

Cu ocazia reviziilor periodice, se verifică valorile tensiunilor de basculare dintr–o treaptă în alta numai pentru unghiul de scurtcircuit al liniei, $\varphi_{SC}$

Se calculează valoarea de reglaj a prizelor autotransformatorului V pentru fiecare treaptă,

$$V_i = \frac{KR}{\rho Z_{is}}$$ (i reprezintă treapta pentru care se calculează)

Funcţie de valorile obţinute, se realizează reglajele prizelor (valorile cele mai apropiata de valorile calculate)

Se recalculează valorile impedanţelor secundare corespunzătoare valorilor prizelor fixate pe releu şi se determină tensiunile de basculare dintr–o treaptă în alta la scurtcircuite bifazate şi monofazate.

Tensiunea la care acţionează releul nu trebuie să difere mai mult de ± 5% faţă de valoarea calculată.

**e) Verificarea elementului direcţional SM**

Verificarea se face la curentul nominal şi tensiunea nominală a releului.

Intrucât, pentru determinarea diagramei de acţionare a elementjujlui direcţional se decolează tensiunea şi nu curentul, diagrama rezultată trebuie să corespundă cu cea din fig.15

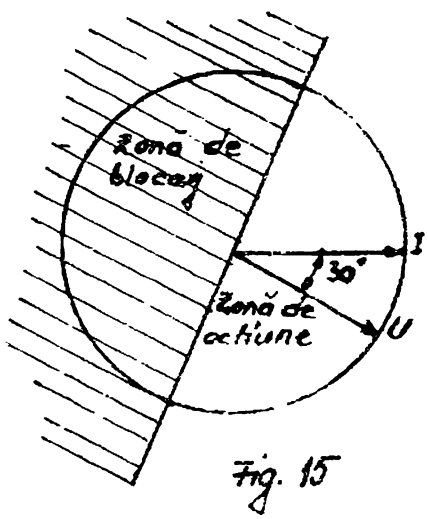

Fig. 15

Diagrama de acţionare se verifică obligatoriu pentru toate grupele de defecte (sc.monofazate, bifazate). In toate cazurile diagramele de acţionare trebuie să fie identice.

Poziţia contactului elementului direcţional din circuitul de declanşare se stabileşte în funcţie de starea releului PS (excitat –în zona de blocare)

**f) Verificarea elementelor pentru blocaj la pendulaţii.**

Verificarea se face la curentul nominal şi tensiunea nominală a releului.

Se ridică diagramele de acţionare a releelor SW şi SJ în planul complex prin decolarea tensiunii notându–se poziţia stânga sau dreapta a contactului. Diagramele rezultate trebuie să corespundă cu cele din fig.16.

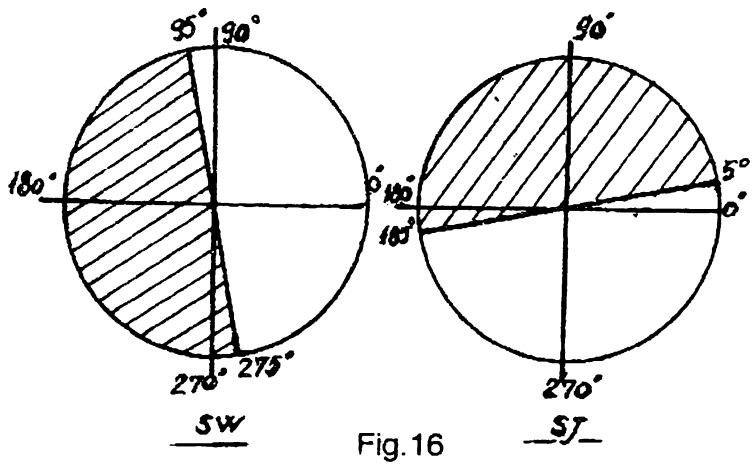

Fig.16

Diagrama de acţionare a blocajului se obţine prin suprapunerea diagramelor elementelor SW şi SJ. Zonele în care contactele celor doua elemente au poziţii contrare, reprezintă zona de acţionare a blocajului (cadranul I şi III ale planului – fig.17)

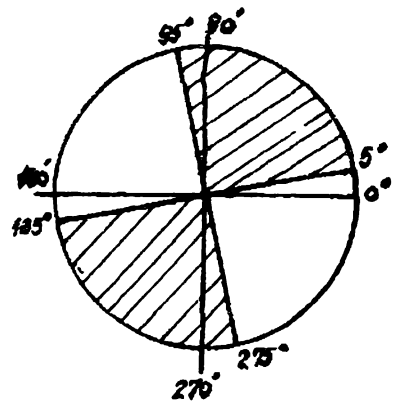


Fig. 17

## APLICATII

### Calculul reglajelor protecţiilor de distanţă

**1. Protecţie realizată cu relee RD–110**

Date: – LEA – 110 kV
– reactanţe primare:

tr.I $X_1 = 5\ \Omega$ / fp 0 sec;
tr.II $X_2 = 10\ \Omega$ / fp 0,5 sec;
tr.III $X_3 = 30\ \Omega$ / fp 1 sec;
tr.IV direcţionată 3 sec;
tr.V nedirecţionată 3,5 sec.

– reductori de curent 300 / 5A;

– reductori de tensiune $\frac{110\sqrt{3}}{0,1\sqrt{3}}$ Kv

– unghiul liniei $\varphi_L = 68^o$
– factor de pământ $K_p = 0,85$
– demaraj supracurent $I_m = 2\ I_N$
– demaraj homopolar $I_n = 0,4\ I_N$
– demaraj $Q_3$ $0,5\ I_N$ la $U = 0$
$3\ I_N$ la $U = U_N$

Se calculează:

$$K_y = \frac{K_i}{K_u} = \frac{300/5}{\frac{110\sqrt{3}}{0,1\sqrt{3}}} = 0,0545$$

– $C_1$ = 0,5 factor de reducere a impedanţei

– $C_2$ – factor care depinde de unghiul de scurtcircuit al liniei

pentru $X = 60^o \rightarrow C_2 = 1,1$

$X = 70^o \rightarrow C_2 = 1,02$

rezultă pentru $X = 68^o \rightarrow C_2 = 1,04$

– $C_3$ – factor care rezultă din impedanţa de bază fixată a releului. Pentru $I_N$ = 5A, $C_3$ = 0,2;

– impedanţele secundare ale treptelor de reglaj.

$$Z_1 = K_y \frac{1}{\sin\varphi_L} X_1 = 0,294 \ \Omega / f.sec$$

$$Z_2 = K_y \frac{1}{\sin\varphi_L} X_2 = 0,588 \ \Omega / f\ sec$$

$$Z_3 = K_y \frac{1}{\sin\varphi_L} X_3 = 1,765 \ \Omega / f.sec$$

– rezistenţele de reglaj corespunzătoare treptelor:

$$r_1' = \frac{2Z_1}{C_1C_2} - C_3 = 0,93 \ \Omega \rightarrow r_1 = 0,8 + 0,1 + 0,025 = 0,925 \ \Omega$$

$$r_2' = \frac{2Z_2}{C_1C_2} - C_3 - r_1 = 1,135 \ \Omega \rightarrow r_2 = 0,8 + 0,2 + 0,1 + 0,05 = 1,95 \ \Omega$$

$$r_3' = \frac{2Z_3}{C_1C_2} - C_3 - r_1 - r_2 = 4,52 \ \Omega \rightarrow r_3 = 3,2 + 0,8 + 0,4 + 0,1 = 4,5 \ \Omega$$

– tensiunile de basculare în trepte pentru unghiul de sc. al liniei considerând impedanţele secundare ale treptelor şi $I_{s.sc}$ = 10 A:

– pentru scurtcircuite bifazate:

$$U_1^{(2)} = 2Z_1 I_{s.sc} = 5,88 \ V$$

$$U_2^{(2)} = 2Z_2 I_{s.sc} = 11,76 \ V$$

$$U_3^{(2)} = 2Z_3 I_{s.sc} = 35,3 \ V$$

– pentru scurtcircuite monofazate:

$$U_1^{(1)} = Z_1(1+K_p)I_{s.sc} = 5{,}43 \text{ V}$$

$$U_2^{(1)} = Z_2(1+K_p)I_{s.sc} = 10{,}87 \text{ V}$$

$$U_3^{(1)} = Z_3(1+K_p)I_{s.sc} = 32{,}65 \text{ V}$$

Rezultatele se trec într–un tabel de forma celui de mai jos, în care $U_c$ sunt tensiunile calculate iar $U_m$, tensiunile măsurate.

| Defecte | φ sc. linie | TREPTE | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Tr.I | | | Tr.II | | | Tr.III | | |
| | | $U_c$ | $U_m$ | Eroare | $U_c$ | $U_m$ | Eroare | $U_c$ | $U_m$ | Eroare |
| | | V | V | % | V | V | % | V | V | % |
| R–O | 68 | 5,43 | | | 10,87 | | | 32,65 | | |
| S–O | 68 | 5,43 | | | 10,87 | | | 32,65 | | |
| T–O | 68 | 5,43 | | | 10,87 | | | 32,65 | | |
| R–S | 68 | 5,88 | | | 11,76 | | | 35,3 | | |
| S–T | 68 | 5,88 | | | 11,76 | | | 35,3 | | |
| T–R | 68 | 5,88 | | | 11,76 | | | 35,3 | | |

Elementul de măsură este considerat corespunzător dacă funcţionează corect în fiecare treaptă iar eroarea maximă dintre tensiunile măsurate şi cele calculate nu depăşeşte ± 5% (pentru $\varphi_{sc}$).

Fixarea temporizărilor se face pentru fiecare treaptă în parte acţionând asupra discurilor de reglaj respective.

**2. Protecţia realizată cu relee D 114**

Date: LEA 400 KV

– demarajul la impedanţă minimă:

– raza cercului, r = 22 Ω / fază sec

– deplasarea centrului K = 11 Ω / fază sec

– eclisa interioară pe poziţia $K_1$

– demarajul la curent homopolar $I_{po}$ = 150 A

– impedanţe primare:

tr.I; $Z_1$ = 38 Ω / fp $t_1$ = 0 sec

tr.II $Z_2$ = 55 Ω / fp $t_2$ = 0,4 sec

tr.III $Z_3$ = 90 Ω / fp $t_3$ = 0,8 sec

tr.IV direcţionat $t_4$ = 1,3 sec

tr.V nedirecţionat $t_5$ = 2,4 sec

– prelungirea treptei rapide la defecte monofazate înainte de RARM şi trifazate după RART,

$$Z_{1K} = 55 \ \Omega / \text{f.p}$$

– reductori de curent 1200/1 A;
– reductori de tensiune 400/0,1 KV;
– unghiul de scurtcircuit al liniei $\varphi_{SC} = 84^o$
– factor de pământ $K_p = 0,7$;

Se calculează:

$$Ky = \frac{K_i}{K_u} = \frac{1200/1}{400/0,1} = 0,3$$

– impedanţele secundare ale treptelor de reglaj:

$Z_{1s} = K_y Z_1 = 11,4\ \Omega / f$

$Z_{2s} = K_y Z_2 = 16,5\ \Omega / f$

$Z_{3s} = K_y Z_3 = 27\ \Omega / f$

$Z_{1ks} = K_y Z_{1k} = 16,5\ \Omega / f$

– valoarea de reglaj a prizelor autotransformatorului V pentru treptele de reglaj.

$$V_1' = \frac{RK}{\rho Z_{1s}} 100 = \frac{1x2x100}{1,05x11,4} = 16,71\%$$

$$V_2' = \frac{RK}{\rho Z_{2s}} 100 = \frac{1x2x100}{1,05x16,5} = 11,54\%$$

$$V_3' = \frac{RK}{\rho Z_{3s}} 100 = \frac{1x2x100}{1,05x27} = 7,05\%$$

S–a considerat impedanţa de bază a elementului de măsurare K = 2 Ω /f.sec
s–a ales R = 1
ρ – coeficientul de corecţie care ţine seamă de tipul liniei şi de unghiul de scurtcircuit – pentru linie lungă, $\varphi_{SC} = 84^o$ şi deplasarea centrului cercului

$$\varepsilon = 30\% \text{ rezultă } \rho = 1,00$$

Se fixează prizele de reglaj pe releu în funcţie de valorile obtinute prin calcul (prizele cele mai apropiate)

$V_1 = 17\%$
$V_2 = 12\ \%$
$V_3 = 7\%$

Se recalculează impedanţele secundare ale treptelor

$$Z_{1s} = \frac{RK}{\rho V_1} 100 = \frac{1 \times 2}{1,0 \times 17} 100 = 11,7\ \Omega / f$$

$$Z_{2s} = \frac{RK}{\rho V_2} 100 = \frac{1 \times 2}{1,0 \times 12} 100 = 16,6\ \Omega / f$$

$$Z_{3s} = \frac{RK}{\rho V_3} 100 = \frac{1 \times 2}{1,0 \times 7} 100 = 28,6\ \Omega / f$$

Tensiunea de basculare dintr–o treaptă în alta pentru unghiul de scurtcircuit al liniei şi $I_{s.sc} = 1A$:

– pentru scurtcircuite bifazate:

$$U_1^{(2)} = 2Z_{1s} I_{s.sc} = 23,4\ V$$

$$U_2^{(2)} = 2Z_{2s} I_{s.sc} = 33,2\ V$$

$$U_3^{(2)} = 2Z_{3s}I_{s.sc} = 57{,}2\ V$$

– pentru scurtcircuite monofazate:

$$U_1^{(1)} = Z_{1s}(1 + K_p)I_{s.sc} = 11{,}7(1 + 0{,}7)x1 = 19{,}9\ V$$

$$U_2^{(1)} = Z_{2s}(1 + K_p)I_{s.sc} = 16{,}6(1 + 0{,}7)x1 = 28{,}22\ V$$

$$U_3^{(1)} = Z_{3s}(1 + K_p)I_{s.sc} = 28{,}6(1 + 0{,}7)x1 = 48{,}6\ V$$

Rezultatele se trec într–un tabel de forma celui de mai jos, în care Uc sunt tensiunile calculate iar Um, tensiunile măsurate.

| Defecte | φ sc. linie | TREPTE | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Tr.I | | | Tr.II | | | Tr.III | | |
| | | $U_c$ | $U_m$ | Eroare | $U_c$ | $U_m$ | Eroare | $U_c$ | $U_m$ | Eroare |
| | | V | V | % | V | V | % | V | V | % |
| R–O | 84 | 19,9 | | | 28,22 | | | 48,6 | | |
| S–O | 84 | 19,9 | | | 28,22 | | | 48,6 | | |
| T–O | 84 | 19,9 | | | 28,22 | | | 48,6 | | |
| R–S | 84 | 23,4 | | | 33,2 | | | 57,2 | | |
| S–T | 84 | 23,4 | | | 33,2 | | | 57,2 | | |
| T–R | 84 | 23,4 | | | 33,2 | | | 57,2 | | |

Eroarea maximă admisă nu trebuie să depăşească ± 5% pentru $\varphi_{sc}$

– Verificarea demarajului de impedanţă minimă pentru

$\varphi = 66^o$, r=22 Ω / f şi K = 11 Ω / f

$U_{dem} = 2\ Z_{dem}\ I_{s.sc} = 2(11 + 22)\ 1 = 66\ V / f$

pentru K = 0; r = 22 Ω / f

$U_{dem} = 2\ Z_{dem}\ I_{s.sc} = 2.22.1 = 44\ V / f$

*Verific. dr.ing. T.Popa*

# BIBLIOGRAFIE


| | |
|---|---|
| BADEA I şi colectiv | Exploatarea instalaţiilor de protecţie şi automatizare, Editura Tehnică, Bucureşti 1964. |
| CALIN SERGIU<br>MARCU SUZETTE | Protecţia prin relee a sistemelor electrice, Editura Tehnică, Bucureşti 1975. |
| A.A.IONESCU<br>I TOMESCU | Verificarea releelor de protecţie şi automatizare din staţii electrice şi posturi de transformare. |
| ZANE R<br>CHENZBRAUN I | Protecţie de distanţă a liniilor electrice, Editura Tehnică Bucureşti 1968. |
| | Documentaţia Tehnica a releelor RD110, D 114 |